

花胫绿纹蝗和疣蝗配子发生时原癌基因 *c-kit* 特异性表达比较研究

赵卓¹, 张敏², 吕淑敏², 奚耕思^{2,*}

(1. 吉林师范大学生命科学学院, 吉林四平 136000; 2. 陕西师范大学生命科学学院, 西安 710062)

摘要:应用免疫组织化学和生物统计分析相结合的方法,对花胫绿纹蝗 *Aiolopus tamulus* (Fabricius)和疣蝗 *Trilophidia annulata* (Thunberg)配子发生过程中原癌基因 *c-kit* 特异表达进行了比较研究。结果表明:(1)精子发生过程中,精原细胞、初级精母细胞、次级精母细胞和成熟精子中均有不同程度的 *c-kit* 蛋白表达,精巢末端还有较粗大的阳性颗粒分布;(2)卵子发生过程中,第1~6阶段卵母细胞中有不同程度的 *c-kit* 蛋白特异性表达,但随着卵黄发生的开始逐渐消失;(3)2种蝗虫配子发生过程中 *c-kit* 表达存在种间差异。

关键词:花胫绿纹蝗;疣蝗;配子发生;*c-kit* 蛋白;特异性表达

中图分类号:Q965 **文献标识码:**A **文章编号:**0454-6296(2007)05-0441-07

Comparison of *c-kit* special expression in gametogenesis of *Aiolopus tamulus* (Fabricius) and *Trilophidia annulata* (Thunberg) (Orthoptera: Oedipodidae)

ZHAO Zhuo¹, ZHANG Min², LU Shu-Min², XI Geng-Si^{2,*} (1. College of Life Sciences, Jilin Normal University, Siping, Jilin 136000, China; 2. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The special expression of *c-kit* protein in gametogenesis of *Aiolopus tamulus* (Fabricius) and *Trilophidia annulata* (Thunberg) collected from Siping, Jilin, Northeast China was studied by using immunohistochemistry and biostatistics. The results showed that: (1) In spermatogenesis, there were different expression levels of *c-kit* protein in spermatogonia, primary spermatocytes, second spermatocytes and mature sperms, and the biggest positive granules were found at the end of spermary; (2) In oogenesis, there were different expression levels of *c-kit* protein from the 1st to 6th stage of oocytes, and the positive granules gradually disappeared in vitellogenesis; (3) The expression of *c-kit* protein in gametogenesis was significantly different between the two species.

Key words: *Aiolopus tamulus*; *Trilophidia annulata*; gametogenesis; *c-kit* protein; special expression

原癌基因(proto-oncogene) *c-kit* 位于小鼠第5条染色体W位点,编码的跨膜蛋白属于酪氨酸激酶受体家族(Manova *et al.*, 1990; Yoshinaga *et al.*, 1991)。在许多动物生殖细胞增殖、分化、减数分裂和细胞凋亡等过程中起着重要的旁分泌调控作用(Horie *et al.*, 1991; Koshimizu *et al.*, 1992; Loveland and Schlatt, 1997; Mauduit *et al.*, 1999; Prasanth and Ali, 2003; Prabhu *et al.*, 2006; Srivastava *et al.*, 2006; Bakst *et al.*, 2007)。功能研究显示, *c-kit* 基

因突变,在雄性可引起不育及分化型A1-A2精原细胞DNA合成停止,在减数分裂时 *c-kit* 蛋白不表达,最终导致正常精子发生受阻和不育(Reynaud *et al.*, 2001; Grimaldi *et al.*, 2002)。在雌性会引起卵泡发育受损伤,卵母细胞和卵巢小管发育异常,最终引起生殖能力下降(Kissel *et al.*, 2000; Driancourt *et al.*, 2000)。花胫绿纹蝗 *Aiolopus tamulus* (Fabricius)和疣蝗 *Trilophidia annulata* (Thunberg)隶属直翅目(Orthoptera)斑翅蝗科(Oedipodidae),为吉林省四平

基金项目:陕西省自然科学基金项目(2004C107)

作者简介:赵卓,女,1973年11月生,吉林人,博士,副教授,研究方向为昆虫生理学, E-mail: zhaozhuo8933@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: xigengsi@snnu.edu.cn

收稿日期 Received: 2006-09-26; 接受日期 Accepted: 2007-03-23

地区蝗虫常见种(赵卓等, 2004)。我们比较研究了斑翅蝗科 2 种蝗虫配子发生时 *c-kit* 特异性表达特点及种间差异,旨在探索蝗虫配子发生过程中基因水平的调控机制。

1 材料与方法

1.1 蝗虫取样与切片

2004 年 8 月于吉林省四平市西郊网捕花胫绿纹蝗和疣蝗,将每种雌雄各 20 只健康活体带回实验室,迅速解剖取出卵巢和精巢,并置于 Bouin 液中,4℃ 冰箱固定过夜,石蜡包埋。置备 6 μm 厚连续切片。

1.2 免疫组织化学方法

切片常规脱蜡后用 3% 甲醇- H_2O_2 孵育 10 min 后,浸入 0.01 mol/L 枸橼酸盐缓冲液(pH 6.0)加热至 95℃,10 min 后重复 1 次,自然冷却,5% BSA 室温封闭 20 min,甩去多余液体,不洗,采用兔抗小鼠 *c-kit* 基因蛋白、免疫组织化学 SABC 试剂盒和 DAB 显色试剂盒(武汉博士得生物工程有限公司)进行染色。加入一抗(兔 IgG 1:100)后置于 4℃ 冰箱过夜,再加入生物素标记的二抗(山羊抗兔 IgG),37℃ 处理 20 min,滴加 SABC 复合物 37℃ 处理 20 min,经 DAB- H_2O_2 室温显色 3 min 终止反应,以上各步间均用 0.1

mol/L PBS(pH 7.2~7.6)洗 3 次,每次 5 min,阴性对照用 0.1 mol/L PBS 代替一抗进行孵育,其余步骤、条件均相同。梯度酒精脱水,透明,中性树胶封片。

1.3 图象采集与统计学分析

利用 Motic Images Advanced 3.2 图象分析系统测量和采集图象,每张切片选取 10 个视野,测量 400 视野下卵子发生 8 个阶段(赵卓和奚耕思, 2006)和精子发生 4 个阶段(赵卓等, 2005)中 *c-kit* 蛋白阳性颗粒面积百分比及阳性颗粒平均面积,以代表 *c-kit* 蛋白表达强弱和阳性颗粒大小。将测得数据经 SPSS12.0 软件进行处理,所有数据经 ANOVA 分析及 S-N-K 和 LSD 进行组间两两比较,描述性统计值用平均值 $\pm$ 标准误差表示,显著性水平设置为 $P = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 精子发生过程中 *c-kit* 蛋白特异性表达

两种蝗虫精子发生时,精原细胞时期 *c-kit* 蛋白阳性表达强度微弱,阳性颗粒细小(图 1 和图 2:A);初级精母细胞时期 *c-kit* 蛋白阳性表达强度显著增加,阳性颗粒粗大(图 1 和图 2:B);次级精母细胞时期 *c-kit* 蛋白阳性表达强度显著增加,阳性颗粒显著减小(图 1 和图 2:C);成熟精子时期 *c-kit* 蛋白阳性颗粒在精子头部和尾丝处都有分布,*c-kit* 蛋白阳

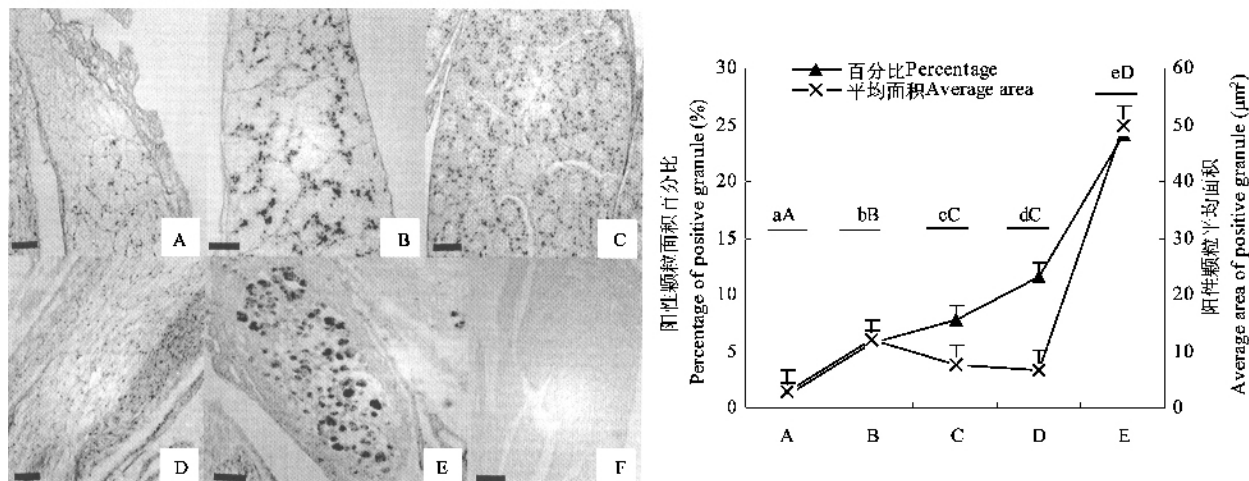


图 1 花胫绿纹蝗精子发生过程中 *c-kit* 蛋白特异性表达图(左)和统计分析(右)

Fig. 1 The pictures of special expression of *c-kit* protein in spermatogenesis of *Aiolopus tamulus* (Left) and statistic analysis (Right) A: 精原细胞时期 Spermatogonia period; B: 初级精母细胞时期 Primary spermatocyte period; C: 次级精母细胞时期 Secondary spermatocyte period; D: 成熟精子时期 Mature sperm period; E: 精巢末端颗粒 Granules at the end of spermary; F: 阴性对照 Negative control; 标尺 Scale bar = 50 μm . 数据为平均值 $\pm$ 标准误,单因子方差分析, S-N-K 和 LSD 检测, $n = 20$, 每组数据上的不同字母表示具有显著性差异 ($P < 0.05$), 相同字母表示不具有显著性差异 ($P > 0.05$), 其中小写字母代表百分比组, 大写字母代表平均面积组。Data are expressed as mean $\pm$ SE, ANOVA, S-N-K and LSD test. $n = 20$. There are significant differences shown with the different letters ($P < 0.05$) and no significant differences shown with the same letter ($P > 0.05$) among the data of the same group, in which small letters represent the group of percentage and capital letters represent the group of average area. 图 2 同 The same for Fig. 2.

性表达强度显著增加,颗粒细小(图 1 和图 2:D); 成束精子群中(图 1 和图 2:E)。
精巢小管末端出现大量成团 *c-kit* 阳性颗粒,散布于

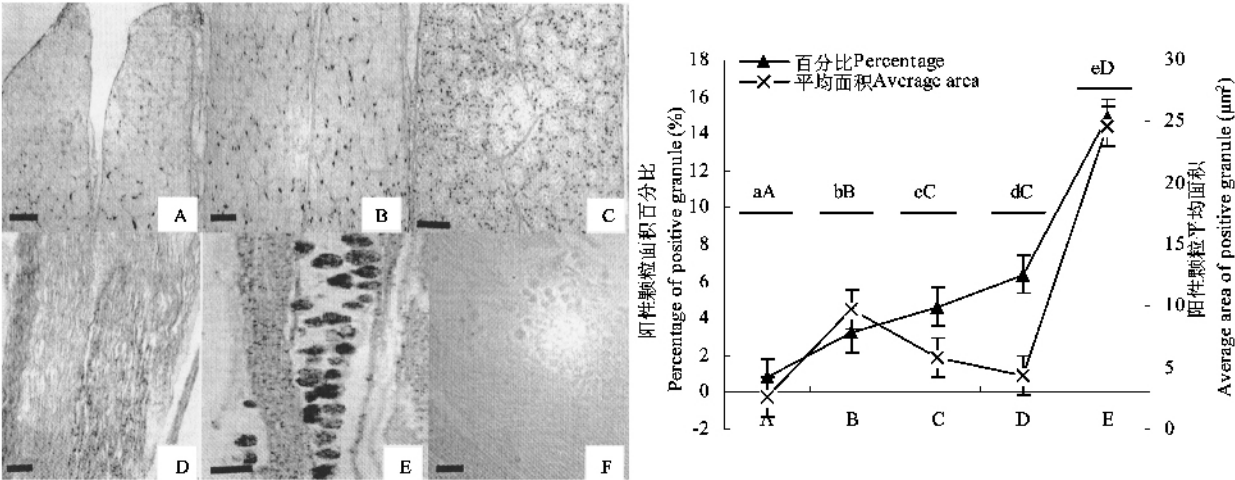


图 2 疣蝗精子发生过程中 *c-kit* 蛋白特异性表达图(左)和统计分析(右)

Fig. 2 The pictures of special expression of *c-kit* protein in spermatogenesis of *Trilophidia annulata* (Left) and statistic analysis (Right)

2.2 卵子发生过程中 *c-kit* 蛋白特异性表达

在花胫绿纹蝗卵子发生时,卵原细胞中已有 *c-kit* 蛋白阳性表达,阳性颗粒粗大(图 3:A);第 2 阶段卵母细胞中,*c-kit* 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒变化不显著(图 3:B);第 3 阶段卵母细胞中,*c-kit* 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒增长显著(图 3:C);

第 4 阶段卵母细胞中,*c-kit* 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒显著下降(图 3:D);第 5 阶段卵母细胞中,*c-kit* 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒显著下降(图 3:E);第 6 阶段卵母细胞中,*c-kit* 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒继续显著下降(图 3:F);第 7、8 阶段卵母细胞中,未见有阳性颗粒出现(图 3:G, H)。

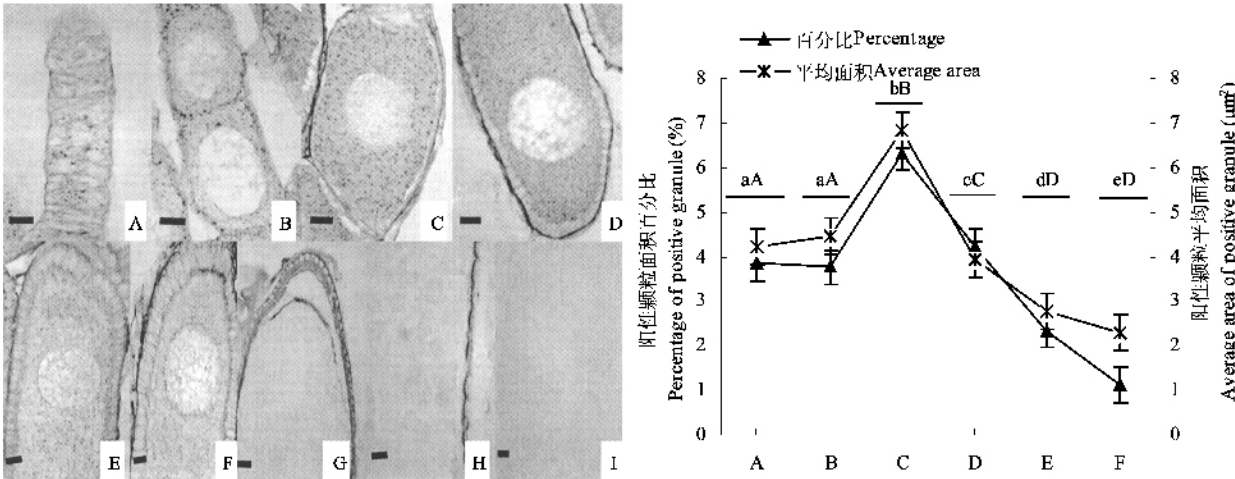


图 3 花胫绿纹蝗卵子发生过程中 *c-kit* 蛋白特异性表达图(左)和统计分析(右)

Fig. 3 The pictures of special expression of *c-kit* protein in oogenesis of *Aiolopus tamulus* (Left) and statistic analysis (Right)
A~H: 分别为第 1 阶段至第 8 阶段卵母细胞 Showing the 1st to 8th stage oocyte ; I: 阴性对照 Negative control; 标尺 Scale bar = 50 μm. 数据为平均值 ± 标准误, 单因子方差分析, S-N-K 和 LSD 检测, $n = 20$, 每组数据上的不同字母表示具有显著性差异 ($P < 0.05$), 相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 其中小写字母代表百分比组, 大写字母代表平均面积组。Data are expressed as mean ± SE, ANOVA, S-N-K and LSD test. $n = 20$. There are significant differences shown with the different letter ($P < 0.05$) and no significant differences shown with the same letter ($P > 0.05$) among the data of the same group, in which small letters represent the group of percentage and capital letters represent the group of average area.
图 4 同 The same for Fig. 4.

在疣蝗卵子发生时,卵原细胞中 c-kit 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒大小达到峰值,同其他各时期比差异显著(图 4:A);第 2 阶段卵母细胞中,c-kit 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒显著降低(图 4:B);第 3 阶段卵母细胞中,c-kit 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒无显著变化(图 4:C);第 4 阶段卵母细胞

中,c-kit 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒显著增加(图 4:D);第 5 阶段卵母细胞中,c-kit 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒显著下降(图 4:E);第 6 阶段卵母细胞中,c-kit 蛋白阳性表达强度和阳性颗粒继续显著下降(图 4:F);第 7、8 阶段卵母细胞中,未见有阳性颗粒出现(图 4:G,H)。

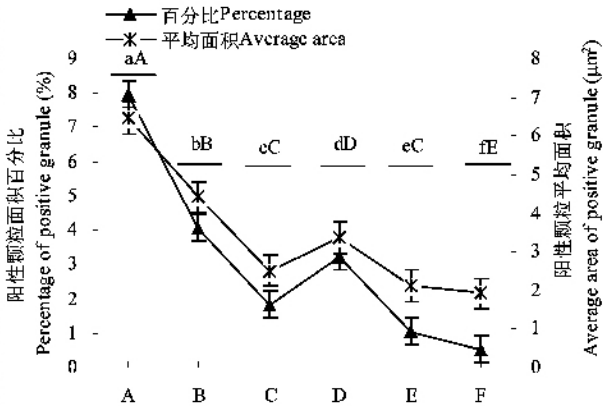
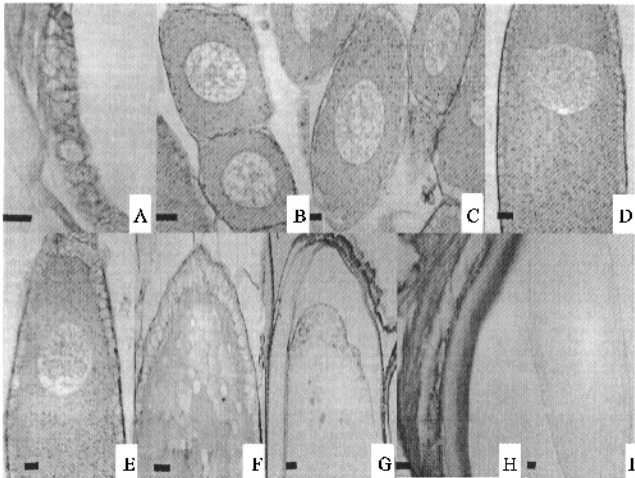


图 4 疣蝗卵子发生过程中 c-kit 蛋白特异性表达图(左)和统计分析(右)

Fig. 4 The pictures of special expression of c-kit protein in oogenesis of *Trilophidia annulata* (Left) and statistic analysis (Right)

2.3 2 种蝗虫配子发生时 c-kit 特异性表达的种间差异

比较花胫绿纹蝗和疣蝗精子发生不同时期 c-kit 蛋白表达差异(图 5),c-kit 阳性表达强度和阳性颗粒大小在各时期花胫绿纹蝗都明显高于疣蝗。

比较花胫绿纹蝗和疣蝗卵子发生不同时期 c-kit 蛋白表达差异(图 6),c-kit 阳性表达强度和阳性颗粒大小在卵原细胞和第 2 阶段卵母细胞时期,疣蝗

表达水平高于花胫绿纹蝗表达水平。到第 3 阶段卵母细胞时期,花胫绿纹蝗 c-kit 阳性表达强度和阳性颗粒大小都迅速超过疣蝗表达水平,并始终保持着这种表达优势。而且在不同发育时期阳性表达强度不同,花胫绿纹蝗在第 3 阶段表达强度达到峰值后出现下降态势,疣蝗在第 4 阶段表达强度达到峰值后出现下降态势。

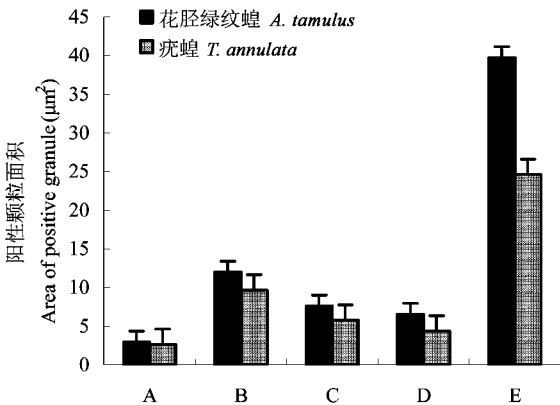
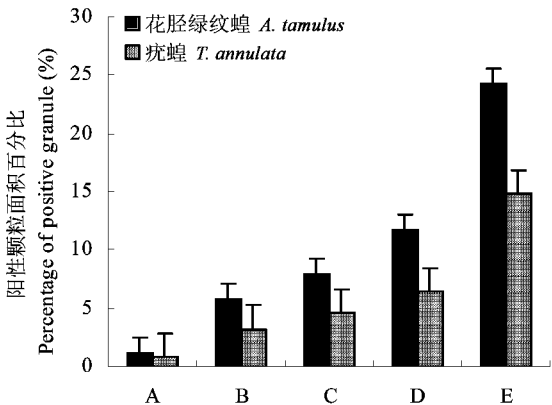


图 5 花胫绿纹蝗和疣蝗精子发生过程中 c-kit 蛋白特异性表达的比较

Fig. 5 Comparison of c-kit protein expression in spermatogenesis of *Aiolopus tamulus* and *Trilophidia annulata*
A:精原细胞时期 Spermatogonia period; B:初级精母细胞时期 Primary spermatocyte period; C:次级精母细胞时期 Secondary spermatocyte period; D:成熟精子时期 Mature sperm period; E:精巢末端颗粒 Granules at the end of spermary.

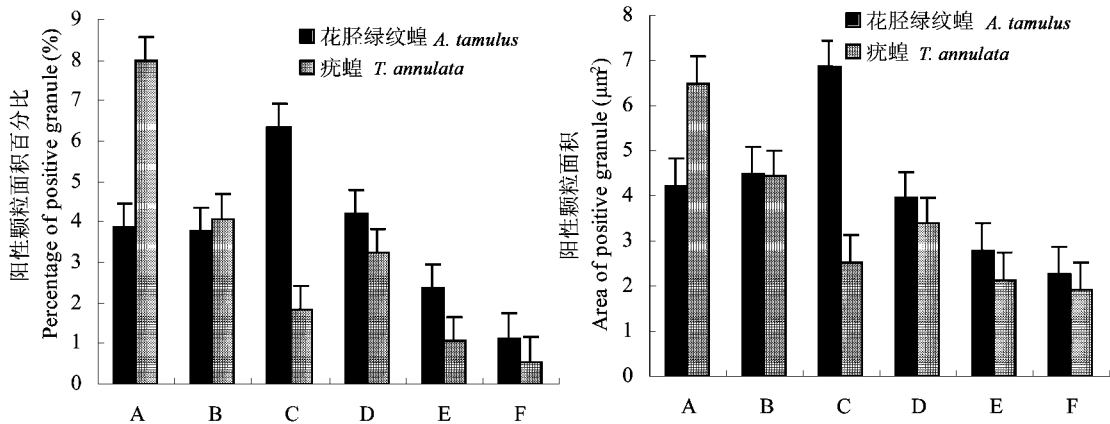


图 6 花胫绿纹蝗和疣蝗卵子发生过程中 *c-kit* 蛋白特异性表达的比较

Fig. 6 Comparison of *c-kit* protein expression in oogenesis of *Aiolopus tamulus* and *Trilophidia annulata*
A ~ F : 分别为第 1 阶段至第 6 阶段卵母细胞 Showing the 1st to 6th stage oocyte.

3 讨论

蝗虫精子发生过程中,精原细胞中有 *c-kit* 阳性颗粒微弱表达,说明 *c-kit* 蛋白开始参与启动精原细胞分化。初级精母细胞时期,细胞膜上较强 *c-kit* 阳性表达度显著增加,说明 *c-kit* 蛋白在减数分裂的中期 I 至后期 II 有持续表达。Vigodner 等(2001)发现在金仓鼠生殖细胞进入减数分裂时期 *c-kit* 蛋白大量表达,推测对维持减数分裂,确保同源染色体准确地分别移向两个次级精母细胞,促进姐妹染色单体分离,最终形成四个精子细胞有作用。次级精母细胞及圆形精子细胞的细胞质中 *c-kit* 阳性颗粒小而生多,阳性表达强度显著增加,推测 *c-kit* 蛋白在次级精母细胞的第二次减数分裂中起着积极的调控作用。成熟精子头部和尾丝上具有 *c-kit* 蛋白阳性颗粒,阳性强度较高,蛋白颗粒细小,推测在成熟精子出现后 *c-kit* 蛋白可能参与精子生理活性维系和运动能力的维持,甚至参与顶体形成。在精巢小管末端,存在大量成团的强阳性 *c-kit* 蛋白颗粒,散布在成束精子之间。成熟精子在受精未发生之前,不能过长时间存活,精子活性生理水平维系主要依赖于外界微环境的提供,精巢小管末端强阳性颗粒可能起着维持成熟精子活性的生理作用。

模式动物研究显示,*c-kit* 蛋白对原始生殖细胞在卵巢中的建立、存活和生长也具有重要作用(Hoyer *et al.*, 2005; Hutt *et al.*, 2006)。同样在蝗虫卵子发生过程中,卵原细胞时期开始出现 *c-kit* 阳性表达且颗粒粗大,卵母细胞自身正处于第一次减数分裂的各个时期,此时卵原细胞中具有 *c-kit* 蛋白

大量合成与分布,说明 *c-kit*/SCF 信号转导系统可能直接参与启动卵原细胞发育中的第一次减数分裂进程。第 2 阶段卵母细胞 *c-kit* 阳性表达强度出现下降态势,此时卵母细胞合成 *c-kit* 蛋白速度远不及细胞体积迅速增长,所以出现表达下降现象,但事实上细胞合成 *c-kit* 蛋白也在积极的进行当中,蛋白颗粒首先出现在细胞核附近,并逐渐向细胞质中扩散。第 3 阶段卵母细胞 *c-kit* 蛋白合成积累达到一定量的水平,随着卵母细胞生长发育在细胞质中表达很显著,并从细胞核周围向细胞质外周进行运输,细胞膜也开始出现阳性颗粒表达,推测卵母细胞中 *c-kit* 蛋白可能参与抑制成熟分裂以调控发育进程。第 4 阶段后卵母细胞 *c-kit* 阳性颗粒细小,阳性表达强度逐渐降低直至消失。蝗虫卵子发生过程中 *c-kit* 蛋白呈现特异性表达是其不同阶段发挥和执行其特定生理功能的体现。

此外,在蝗虫次级精母细胞和成熟精子时期以及第 4 阶段以后的卵母细胞中,*c-kit* 阳性蛋白颗粒显著细小,这种细小阳性颗粒密布于成熟精子头部和尾丝等处,卵子发生后期卵母细胞中没有 *c-kit* 阳性蛋白表达,但是周围的滤泡细胞中出现该蛋白的旺盛产生,并且该蛋白未见向卵母细胞内迁移迹象而是密布于卵壳和卵黄膜等处,由此推测 *c-kit* 阳性蛋白属于平截型可溶 *tr-kit* 蛋白表达(Albanesi *et al.*, 1996; Kierszenbaum, 2006)。Schnabel 等(2005)指出平截型 *tr-kit* 蛋白表达于单倍体生精细胞和成熟精子,如果 *c-kit* 蛋白异常表达直接导致精子形成的异常,证明在精子形成过程和成熟精子生理活性维系方面具有重要作用。Rossi 等(2000)和 Sette 等(2000)亦证实 *tr-kit* 在配子生理功能和受精过程

以及精子顶体反应中(Sandlow *et al.*, 1999)发挥生理功能。

在相同生态环境中生存的分类地位较近的蝗虫,其配子发生过程中 c-kit 蛋白阳性表达存在着明显差异。精子发生中表现出花胫绿纹蝗 c-kit 蛋白表达水平明显高于疣蝗,卵子发生初期疣蝗 c-kit 蛋白表达水平明显高于花胫绿纹蝗,但是很快在第 3 阶段后花胫绿纹蝗 c-kit 蛋白表达水平明显高于疣蝗。并且花胫绿纹蝗表达高峰出现在第 3 阶段,而疣蝗表达高峰出现在第 4 阶段,这种差异的存在与卵母细胞发育速度是一致的,花胫绿纹蝗在第 3 阶段卵母细胞发育速度远大于疣蝗卵母细胞(赵卓等, 2006),细胞中许多物质合成亦都在积极地进行之中,所以花胫绿纹蝗很快达到 c-kit 蛋白表达峰值并在其后超过疣蝗的整体表达水平。总之,c-kit 蛋白在蝗虫配子发生不同时期、不同部位都有不同的表达水平,说明 c-kit/SCF 虽然是很保守的信号转导系统,但是随着具体的胞内环境,下游信号分子可能不同,c-kit 表达在质与量上都存在着种间差异,即 c-kit/SCF 在不同物种间调节胞内大分子活性方面所起的生理功能强弱不同,最终可能导致蝗虫配子发生在时间、成熟周期以及精子和卵子生理活性维系方面存在较大差异,这些时间和空间上的生理差异是不同种蝗虫依其各自生活习性和生理特点与环境相协同适应的最终结果,推测对形成近缘种间在生殖生理水平上的隔离机制具有积极的意义。

参 考 文 献 (References)

- Albanesi C, Geremia R, Giorgio M, Dolci S, Sette C, Rossi P, 1996. A cell- and developmental stage-specific promoter drives the expression of a truncated c-kit protein during mouse spermatid elongation. *Development*, 122(4): 1 291 – 1 302.
- Bakst MR, Akuffo V, Trefil P, Brillard JP, 2007. Morphological and histochemical characterization of the seminiferous epithelial and Leydig cells of the turkey. *Animal Reproduction Science*, 97(3 – 4): 303 – 313.
- Driancourt MA, Reynaud K, Cortvrindt R, Smits J, 2000. Roles of kit and kit ligand in ovarian function. *Reviews of Reproduction*, 5(3): 143 – 152.
- Grimaldi P, Rossi P, Dolci S, Ripamonti CB, Geremia R, 2002. Molecular genetics of male infertility: stem cell factor/c-kit system. *American Journal of Reproductive Immunology*, 48(1): 27 – 33.
- Horie K, Takakura K, Taii S, Narimoto K, Noda Y, Nishikawa S, Nakayama H, Fujita J, Mori T, 1991. The expression of c-kit protein during oogenesis and early embryonic development. *Biology of Reproduction*, 45(4): 547 – 552.
- Hoyer PE, Byskov AG, Mollgard K, 2005. Stem cell factor and c-kit in human primordial germ cells and fetal ovaries. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 234(1 – 2): 1 – 10.
- Hutt KJ, McLaughlin EA, Holland MK, 2006. Kit ligand and c-kit have diverse roles during mammalian oogenesis and folliculogenesis. *Molecular Human Reproduction*, 12(2): 61 – 69.
- Kierszenbaum AL, 2006. Tyrosine protein kinases and spermatogenesis: truncation matters. *Molecular Reproduction and Development*, 73(4): 399 – 403.
- Kissel H, Timokhina I, Hardy MP, Rothschild G, Tajima Y, Soares V, Angeles M, Whitlow SR, Manova K, Besmer P, 2000. Point mutation in kit receptor tyrosine kinase reveals essential roles for kit signaling in spermatogenesis and oogenesis without affecting other kit responses. *The EMBO Journal*, 19(6): 1 312 – 1 326.
- Koshimizu U, Watanabe D, Tajima Y, Nishimune Y, 1992. Effects of W (c-kit) gene mutation on gametogenesis in male mice, agametic tubular segments in Wf/Wf testes. *Development*, 114(4): 861 – 867.
- Loveland KL, Schlatt S, 1997. Stem cell factor and c-kit in the mammalian testis, lessons originating from mother nature gene knocks. *Endocrinology*, 153: 337 – 344.
- Manova K, Nocka K, Besmer P, Bachvarova RF, 1990. Gonadal expression of c-kit encoded at the W locus of the mouse. *Development*, 110: 1 057 – 1 069.
- Mauduit C, Hamamah S, Benahmed M, 1999. Stem cell factor/c-kit system in spermatogenesis. *Human Reproduction Update*, 5(5): 535 – 545.
- Prabhu SM, Meistrich ML, McLaughlin EA, Roman SD, Warne S, Mendis S, Itman C, Loveland KL, 2006. Expression of c-kit receptor mRNA and protein in the developing, adult and irradiated rodent testis. *Reproduction*, 131(3): 489 – 499.
- Prasanth SG, Ali S, 2003. Expression of proto-oncogene c-kit receptor in rats (*Rattus norvegicus*) and identification of a mutant mRNA transcript implicated in spermatogenic failure. *DNA and Cell Biology*, 22(7): 447 – 456.
- Reynaud K, Cortvrindt R, Smits J, Bernex F, Panthier JJ, Driancourt MA, 2001. Alterations in ovarian function of mice with reduced amounts of KIT receptor. *Reproduction*, 121(2): 229 – 237.
- Rossi P, Sette C, Dolci S, Geremia R, 2000. Role of c-kit in mammalian spermatogenesis. *Journal of Endocrinological Investigation*, 23(9): 609 – 615.
- Sandlow JI, Feng HL, Zheng LJ, Sandra A, 1999. Migration and ultrastructural localization of the c-kit receptor protein in spermatogenic cells and spermatozoa of the mouse. *The Journal of Urology*, 161(5): 1 676 – 1 680.
- Schnabel D, Ramirez L, Gertsenstein M, Nagy A, Lomeli H, 2005. Ectopic expression of KitD814Y in spermatids of transgenic mice, interferes with sperm morphogenesis. *Developmental Dynamics*, 233(1): 29 – 40.
- Sette C, Dolci S, Geremia R, Rossi P, 2000. The role of stem cell factor and of alternative c-kit gene products in the establishment, maintenance and function of germ cells. *The International Journal of Developmental Biology*, 44(6): 599 – 608.
- Srivastava J, Premi S, Garg LC, Ali S, 2006. Organizational and expressional uniqueness of a testis-specific mRNA transcript of protooncogene c-kit receptor in water buffalo *Bubalus bubalis*. *DNA Cell*

Biology, 25(9) : 501 – 513.

Vigodner M, Lewin LM, Shochat L, Golan R, 2001. Spermatogenesis in the golden hamster : the role of *c-kit*. *Molecular Reproduction and Development*, 60(4) : 562 – 568.

Yoshinaga K, Nishikawa S, Ogawa M, Hayashi S, Kunisada T, Fujimoto T, Nishikawa S, 1991. Role of c-kit in mouse spermatogenesis : identification of spermatogonia as a specific site of c-kit expression and function. *Development*, 113(2) : 689 – 699.

Zhao Z, Ren BZ, Xi GS, 2005. Spermatogenesis in *Omocestus viridulus*. *Journal of Jilin Agricultural University*, 27(6) : 603 – 605. [赵卓, 任炳忠, 奚耕思, 2005. 绿牧草蝗精子发生观察. 吉林农业大学学报, 27(6) : 603 – 605]

Zhao Z, Xi GS, 2006. Statistic analysis on every stage of oogenesis and species difference of four species of Oedipodidae. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 31(3) : 146 – 153. [赵卓, 奚耕思, 2006. 斑翅蝗科 4 种蝗虫卵子发生阶段性及种间差异的统计分析. 动物分类学报, 31(3) : 146 – 153]

Zhao Z, Yu YP, Ren BZ, 2004. Study on composition and seasonal dynamic of locust communities in Siping suburbs of Jilin province. *Journal of Jilin Argricural University*, 26(3) : 267 – 271. [赵卓, 于艳萍, 任炳忠, 2004. 吉林省四平郊区蝗虫群落组成及其时间动态研究. 吉林农业大学学报, 26(3) : 267 – 271]

(责任编辑：黄玲巧)